

DERWENT-ACC-NO: 1982-57713E

DERWENT-WEEK: 198228

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Box for underwater storage of irradiated nuclear  
fuel

assemblies - is made of sheet metal with neutron  
absorbing coating of boron carbide particles  
embedded in  
nickel

INVENTOR: BABUREK, F

PATENT-ASSIGNEE: CIE FR DE METALLISATION[FRMAN] , CIE FRANC  
METALLISATION[FRMEN], FRAMATOME[FRAT]

PRIORITY-DATA: 1980FR-0027860 (December 31, 1980) , 1980FR-0027857  
(December  
31, 1980)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES MAIN-IPC		
EP 55679 A	July 7, 1982	F 012
N/A		
BR 8108942 A	December 14, 1982	N/A 000
N/A		
ES 8506411 A	November 1, 1985	N/A 000
N/A		
ES 8506412 A	November 1, 1985	N/A 000
N/A		
JP 58500086 W	January 13, 1983	N/A 000
N/A		
WO 8202453 A	July 22, 1982	F 000
N/A		
ZA 8109021 A	October 4, 1982	N/A 000
N/A		

DESIGNATED-STATES: AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE BR JP KP US

CITED-DOCUMENTS: No-SR.Pub; 4.Jnl.Ref ; 8.Jnl.Ref ; EP 16252 ; US  
4238299

INT-CL (IPC): C23C003/00, G21C007/24 , G21C019/40 , G21C021/18 ,  
G21F003/00 , G21F009/24

ABSTRACTED-PUB-NO: EP 55679A

BASIC-ABSTRACT:

The assemblies have a square cross-section; and the box is rectangular

with a square cross-section large enough to receive one assembly. The box is made of sheet metal, 1.5-2.5mm thick, and is open at one or both ends. The external surface of the box has a coating (I) absorbing neutrons and consisting of B carbide particles embedded in a nickel binder.

The amt. of B carbide is above 0.146 g/sq.cm. of the entire box surface except for the zones near the box edges. Coating (I) is max. 2mm thick, and pref. ca. 1mm thick, covered by a continuous layer (II) of Ni. Coating (I) is pref. obtd. by a plasma torch using B4C powder grains coated with Ni.

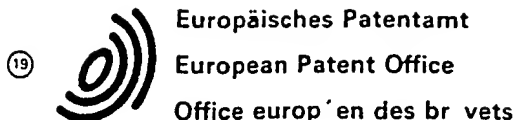
The box has a thin wall, but has adequate rigidity, and an adequate capacity for neutron absorption.

TITLE-TERMS: BOX UNDERWATER STORAGE IRRADIATE NUCLEAR FUEL ASSEMBLY  
MADE SHEET METAL NEUTRON ABSORB COATING BORON CARBIDE PARTICLE EMBED  
NICKEL

DERWENT-CLASS: K05

CPI-CODES: K05-B04; K07-A;

6



(11) Numéro de publication:

**0 055 679**  
**A2**

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 81402101.0

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>: **G 21 F 9/24**  
**G 21 C 19/40, C 23 C 3/00**

(22) Date de dépôt: 31.12.81

(30) Priorité: 31.12.80 FR 8027860  
31.12.80 FR 8027857

(43) Date de publication de la demande:  
07.07.82 Bulletin 82/27

(84) Etats contractants désignés:  
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

(71) Demandeur: Framatome  
Tour Fiat 1 place de la Coupole  
F-92400 Courbevoie(FR)

(71) Demandeur: COMPAGNIE FRANCAISE DE  
METALLISATION  
rue Jean-Pierre Timbaud  
F-94290 Villeneuve-le-Roi(FR)

(72) Inventeur: Baburek, François  
94 Boulevard Flanchin  
F-75116 Paris(FR)

(74) Mandataire: Bouget, Lucien et al,  
CREUSOT-LOIRE 15 rue Pasquier  
F-75383 Paris Cedex 08(FR)

(54) Boîtier pour le stockage sous eau d'assemblages combustibles irradiés et procédé de réalisation d'un tel boîtier.

(57) L'invention concerne un boîtier pour le stockage sous eau d'assemblages combustibles.

Il comporte une enveloppe métallique parallélépipédique revêtue extérieurement d'une matière absorbant les neutrons. L'épaisseur de l'enveloppe métallique est comprise entre 1,5 et 2,5 mm et l'épaisseur du revêtement est au plus égale à 2 mm. La masse de carbure de bore par cm<sup>2</sup> de surface du boîtier est supérieure à 0,146 g. Le revêtement peut être obtenu par projection au chalumeau-plasma de grains de carbure de bore entièrement enrobés dans du nickel ou par dépôt gravitaire de carbure de bore fixé sur le boîtier par dépôt électrolytique ou chimique de nickel.

L'invention s'applique au stockage d'assemblages combustibles en piscine du combustible.

EP 0 055 679 A2

"Boîtier pour le stockage sous eau d'assemblages combustibles irradiés et procédé de réalisation d'un tel boîtier"

L'invention concerne un boîtier pour le stockage sous eau d'assemblages combustibles irradiés et un procédé de réalisation d'un tel boîtier.

Dans le domaine de l'exploitation des réacteurs nucléaires, en particulier les réacteurs nucléaires à eau, il est nécessaire de stocker ou  
5 de transporter des matériaux radio-actifs, tels que des assemblages combustibles irradiés sortant du coeur du réacteur et pour améliorer les conditions de stockage ou de transport de ces matériaux, il est nécessaire de disposer de boîtiers dont les parois absorbent les neutrons émis par ces matières.

10 En particulier il est souhaitable de disposer de boîtiers de stockage des assemblages combustibles irradiés dans la piscine du combustible, comportant des parois en un matériau ayant une bonne capacité d'absorption des neutrons, pour limiter la radio-activité dans la piscine du combustible et à son voisinage.

15 Dans le cas des réacteurs nucléaires à eau, ces boîtiers sont généralement constitués par une enveloppe parallélépipédique en acier inoxydable à section carrée de dimensions suffisantes pour recevoir un assemblage combustible, ouverte à l'une de ses extrémités et revêtue extérieurement par une matière absorbant les neutrons.

20 Dans la piscine du combustible, ces boîtiers reposent par leur base inférieure sur des supports communs à un ensemble de boîtiers où ils sont disposés côte à côte de façon que les assemblages combustibles puissent être stockés sous eau, verticalement, à l'intérieur de la piscine du combustible.

25 Les assemblages combustibles à section carrée utilisés dans les réacteurs nucléaires ont une hauteur très importante par rapport à leurs dimensions transversales, si bien que les boîtiers de stockage des assemblages ont eux-mêmes une forme très allongée.

Il est nécessaire de maintenir entre les boîtiers constituant un rack ou rack de stockage, un espace suffisant pour assurer un contact thermique adéquat entre l'eau de la piscine du réacteur et le boîtier et pour  
30 assurer un effet modérateur suffisant. Pour assurer qu'une lame d'eau suffisante existe entre les faces des boîtiers, il faut que ceux-ci présentent des dimensions et une géométrie parfaitement contrôlées. On prévoit donc généralement des boîtiers d'une grande rigidité permettant d'assurer une tenue  
35 mécanique suffisante et un maintien des écarts entre les faces des boîtiers

à l'intérieur du rack de stockage. L'enveloppe métallique de ces boîtiers est donc d'une épaisseur relativement importante, par exemple de l'ordre de 3 à 4 mm.

5 D'autre part, les revêtements absorbant les neutrons déposés sur les faces externes des boîtiers doivent contenir une quantité de carbure de bore par unité de surface du boîtier suffisante pour assurer une absorption efficace des neutrons émis par les assemblages irradiés.

10 Pour obtenir une absorption efficace des neutrons par un revêtement déposé sur la surface externe latérale du boîtier, il est nécessaire d'avoir au moins 20 mg de bore 10 qui est l'élément absorbant contenu dans le carbure de bore, sur un cm<sup>2</sup> de surface, ce qui représente environ 0,146 g de carbure de bore pour la même surface.

15 On connaît des boîtiers de stockage d'assemblages combustibles irradiés dont le revêtement externe absorbant les neutrons est constitué par des particules de carbure de bore fixées sur la paroi à revêtir par un liant organique tel qu'une résine polymère. Pour des durées de stockage importantes en piscine du combustible, il est impossible d'utiliser des boîtiers comportant un tel revêtement sur leur surface externe car les résines polymères risquent d'être détruites lors d'un séjour prolongé dans 20 l'eau de la piscine du combustible. D'autre part, de telles résines polymères enrobant le carbure de bore constituent un isolant thermique entre l'assemblage contenu à l'intérieur du boîtier et l'eau de la piscine du combustible.

25 On connaît également des boîtiers pour le stockage de combustibles irradiés constitués par une enveloppe métallique revêtue de particules de carbure de bore enrobées dans un matériau métallique tel que le nickel.

Un tel revêtement peut être obtenu par projection à haute température d'un mélange de poudre de nickel et de carbure de bore, sur la surface externe du boîtier, à l'aide d'un chalumeau à plasma.

30 Cependant, pour obtenir une densité suffisante de matériau absorbant sur la surface du boîtier, il est nécessaire de déposer des couches relativement épaisses de revêtement, par exemple d'une épaisseur de 3 à 6 mm. Il est en effet nécessaire d'utiliser une proportion de poudre de nickel dans le mélange de poudre relativement importante, pour assurer une 35 bonne adhésion du revêtement sur le substrat.

Si on utilise des épaisseurs plus faibles de revêtement, celui-ci ne possède plus de propriétés absorbantes suffisantes.

On connaît également des plaques absorbantes en acier au bore

mais l'épaisseur nécessaire pour obtenir un effet absorbant suffisant est de l'ordre de 8 à 9 mm.

Les boîtiers connus actuellement ont donc des épaisseurs de parois relativement importantes, qui augmentent sensiblement leur masse et leur encombrement dans les directions transversales.

Le but de l'invention est donc de proposer un boîtier pour le stockage sous eau d'assemblages combustibles irradiés à section carrée constitué par une enveloppe parallélépipédique métallique à section carrée de dimensions suffisantes pour recevoir un assemblage combustible, ouverte à l'une au moins de ses deux extrémités et revêtue extérieurement par une matière absorbant les neutrons constituée par des particules de carbure de bore enrobées dans un liant métallique constitué par du nickel, ce boîtier devant avoir une rigidité et une capacité d'absorption des neutrons suffisantes, tout en étant d'une masse et d'un encombrement transversal réduits.

Dans ce but, l'épaisseur de l'enveloppe métallique est comprise entre 1,5 et 2,5 mm et l'épaisseur du revêtement absorbant les neutrons est au plus égale à 2 mm; la masse de carbure de bore par cm<sup>2</sup> de surface du boîtier étant supérieure à 0,146 g sur toute la surface externe de celui-ci, à l'exception des zones voisines des arêtes.

Afin de bien faire comprendre l'invention, on va décrire à titre d'exemple non limitatif, plusieurs exemples de réalisation d'un boîtier pour le stockage d'assemblages combustibles irradiés dans la piscine du combustible d'un réacteur nucléaire à eau.

Exemple 1 : On a réalisé une enveloppe tubulaire en acier inoxydable d'une longueur un peu supérieure à 4 mètres et d'un diamètre de 280 mm à partir d'une tôle d'épaisseur 2 mm.

On a placé le long de 4 génératrices de cette enveloppe tubulaire disposées pour deux d'entre elles dans un premier plan passant par l'axe de l'enveloppe tubulaire et pour les deux autres dans le plan perpendiculaire au premier plan passant par l'axe de l'enveloppe tubulaire, des caches permettant de masquer chacun une zone d'une largeur d'environ 20 mm sur la surface latérale de l'enveloppe tubulaire.

On effectue ensuite un dépôt de particules de carbure de bore enrobées de nickel sur cette enveloppe tubulaire munie de ses caches en utilisant un chalumeau au plasma alimenté par des poudres enrobées.

Pour la réalisation de cette couche de revêtement absorbant les neutrons, on utilise un chalumeau à plasma d'une puissance de 40 KW

assurant la projection d'une poudre formée de particules de carbure de bore revêtues de nickel.

On utilise du carbure de bore sous forme d'une poudre dont les grains ont une taille comprise entre 60 et 100 microns pour l'élaboration d'une poudre enrobée avec laquelle on alimentera la torche à plasma.

Pour la fabrication de la poudre enrobée, on procède au dépôt d'une couche d'initiation de palladium sur les grains de carbure de bore calibrés en immergeant la poudre dans une solution contenant quelques grammes de nitrite de sodium par litre, quelques ppm de palladium par litre et quelques gouttes de mouillant. Après immersion, on égoutte la poudre puis on la sèche pendant deux heures à 110°.

Les grains de carbure de bore présentent alors une très fine couche superficielle de palladium adsorbé qui est une couche pratiquement monoatomique.

On introduit alors cette poudre comportant la couche d'initiation dans des tubes d'enrobage fermés à chacune de leurs extrémités par des toiles métalliques permettant de retenir la poudre à l'intérieur du tube.

Les tubes d'enrobage sont alors déplacés de façon continue dans un bain de nickelage chimique du type Kanigen.

Pendant son agitation dans le bain de nickelage, la poudre de carbure de bore se recouvre d'une couche de nickel qui s'épaissit au cours du temps. Au cours de différents essais, on a prolongé le traitement pour obtenir des grains de carbure de bore enrobés de nickel, dans lesquels la masse du carbure de bore par rapport au poids de nickel représente de 20 à 50 %.

En fin d'opération, les tubes d'enrobage sont rincés et la poudre de carbure enrobée de nickel est récupérée et séchée à l'étuve pendant 2 heures à 120°.

La poudre est alors prête pour servir à la projection dans la torche à plasma.

On a utilisé une poudre comportant en masse, un tiers de carbure de bore et deux tiers de nickel, pour alimenter la torche à plasma qui fonctionne dans les conditions suivantes :

- courant d'alimentation : 700 ampères sous 30 volts
- débit d'argon : 30 m3 par heure
- débit de poudre : environ 2 kg par heure.

On a réalisé un revêtement d'une épaisseur de 1 mm sur la surface

latérale externe de l'enveloppe tubulaire qui, compte tenu de la concentration du carbure de bore dans la poudre, fournit la densité voulue d'éléments absorbant les neutrons par  $\text{cm}^2$  de la surface de l'enveloppe, à l'exception des zones masquées par les caches.

5 Pendant toute l'opération de revêtement, l'enveloppe tubulaire est en rotation autour de son axe à vitesse constante et le chalumeau se déplace dans une direction parallèle à l'axe de l'enveloppe tubulaire. On peut également utiliser plusieurs chalumeaux se déplaçant chacun sur une portion de la longueur de l'enveloppe tubulaire, pour diminuer la durée  
10 correspondant au revêtement.

Préalablement à l'opération de dépôt au chalumeau au plasma, l'enveloppe tubulaire peut être préchauffée à une température permettant une meilleure adhésion des particules au moment de leur projection.

Par rapport aux techniques antérieures où l'on utilisait un mélange  
15 de poudre de carbure de bore et de nickel, les grains de carbure de bore entièrement revêtus de nickel ne subissent aucune oxydation à haute température à la sortie du chalumeau à plasma et le dépôt obtenu a une composition très homogène.

De cette façon, il est possible de déposer une couche homogène et  
20 très adhésive d'un revêtement comportant une très forte proportion de carbure de bore. On peut donc limiter l'épaisseur du revêtement à une valeur faible, par exemple 1 mm.

Chacune des particules de carbure de bore enrobées de nickel de grande densité est projetée sur le substrat à grande vitesse avec une grande  
25 de énergie cinétique et se soude sur celui-ci au moment du choc par élévation de température et par effet mécanique. Le ramollissement de la couche superficielle de nickel et son échauffement permettant en effet un accrochage très efficace sur le substrat ou la couche de revêtement elle-même au moment du choc.

30 On s'est rendu compte également qu'un dépôt chimique de nickel sur les particules de carbure de bore conduisait à un meilleur accrochage des particules, lors de la formation du revêtement qu'un dépôt électrolytique de nickel, du fait du point de fusion plus bas du dépôt chimique.

Un autre avantage de l'utilisation de grains de carbure de bore  
35 enrobés est qu'on peut stocker et manipuler la poudre sans craindre la séparation de ses éléments constitutifs. L'épaisseur de la couche de nickel déposée sur les grains de carbure de bore a une épaisseur comprise entre 2 et 10 microns pour 80 % des particules qui ont été testées. On a pu s'assu-



rer : par ces contrôles que les grains de carbure de bore sont entièrement revêtus d'une couche de nickel à l'issue du traitement qui a été décrit.

Le procédé de revêtement qui vient d'être décrit permet d'obtenir un revêtement extrêmement homogène, chacun des grains de la poudre  
5 amenés au chalumeau ayant pratiquement la composition en carbure de bore et en nickel du dépôt à réaliser sur le boîtier.

Après revêtement, l'enveloppe tubulaire est refroidie jusqu'à la température ambiante puis mise sous la forme d'un parallélépipède à section carrée de 22 cm de côté, par déformation à froid.

10 Le pliage de l'enveloppe tubulaire pour la réalisation des arêtes du parallélépipède se fait suivant les génératrices situées sous les caches le long desquelles on n'a pas réalisé de dépôt de revêtement. On évite ainsi l'éclatement du revêtement lors de la mise en forme mécanique finale du parallélépipède.

15 Les dimensions et la géométrie précise de l'enveloppe du boîtier sont obtenues après revêtement, si bien que les déformations éventuelles de l'enveloppe tubulaire au moment de son préchauffage et au moment du dépôt plasma n'ont aucune incidence sur la forme et la précision dimensionnelle finale du boîtier.

20 Si le dépôt avait été réalisé directement sur une enveloppe métallique de forme parallélépipédique, on n'aurait pas pu garantir l'obtention, avec une épaisseur de paroi de 2 mm, d'une géométrie et de dimensions précises du boîtier, à cause des déformations d'origine thermique.

Le procédé décrit a donc permis d'obtenir un boîtier à paroi mince  
25 comportant une couche absorbante efficace mais de faible épaisseur.

Le fait que la zone voisine des arêtes du boîtier ne soit pas recouverte de revêtement n'a pratiquement pas d'incidence sur la capacité d'absorption des neutrons de celui-ci. De toute façon, l'augmentation de l'épaisseur de la lame d'eau rendue possible grâce à la faible épaisseur  
30 du boîtier compense largement cette faible diminution de la capacité d'absorption neutronique du boîtier.

Pour améliorer la tenue à l'usure et à la corrosion des boîtiers, on peut terminer l'opération de dépôt de revêtement au chalumeau plasma, en alimentant le chalumeau par de la poudre de nickel, ou d'acier inoxydable de façon à réaliser une couche d'une épaisseur voisine de 200 microns  
35 au-dessus de la couche de revêtement comportant le carbure de bore, ce qui élimine les aspérités du revêtement dues au B<sub>4</sub>C. La couche superficielle de nickel ou d'acier inoxydable extrêmement lisse et continue joue un rôle

protecteur pour la couche de revêtement.

Exemple 2 : On a réalisé un boîtier en acier inoxydable de forme parallélépipédique.

5 Le boîtier qui a subi un dégraissage chimique puis un dégraissage électrolytique est soumis à un traitement chimique de dépassivation en bain chlorhydrique ou fluonitrique. On place alors le boîtier dans une cuve d'électrolyse de grandes dimensions remplie d'un bain renfermant du  $\text{NiCl}_2$  à raison de 250 g par litre et de l'acide chlorhydrique à raison de 130 g par litre. On réalise alors un traitement de dépassivation électro-  
10 lytique en deux phases sur la surface externe du boîtier. Au cours de la première phase, ou phase anodique, d'une durée de 15 secondes, le boîtier constitue l'anode et la densité de courant d'électrolyse est de 1 à 2 ampères par  $\text{dm}^2$ .

15 Au cours de la seconde phase ou phase cathodique, d'une durée de 2 mn, le boîtier constitue la cathode et le courant de l'électrolyse est de 3 ampères par  $\text{dm}^2$ .

On réalise alors un pré-nickelage des quatre faces du boîtier, à l'intérieur de la cuve d'électrolyse contenant un bain de travail comportant du  $\text{NiSO}_4$  à raison de 280 g par litre du  $\text{NiCl}_2$  à raison de 45 g par  
20 litre, du  $\text{H}_3\text{BO}_3$  à raison de 45 g par litre, ainsi que quelques millilitres d'un mouillant. La durée de ce traitement est d'une demi-heure et la densité de courant est de 4 ampères par  $\text{dm}^2$ . On effectue ensuite, successivement sur chacune des faces externes du boîtier placée en position horizontale dans la cuve d'électrolyse, un ensemble d'opérations visant à l'obte-  
25 tion d'un revêtement absorbant, en faisant tourner le boîtier d'un quart de tour entre chaque dépôt de poudre de carbure de bore, après fixation de la dernière couche déposée.

Ces opérations comportent successivement la constitution d'une couche régulière de particules de carbure de bore  $\text{B}_4\text{C}$  sur une face du boi-  
30 tier, le dépôt électrolytique de nickel à travers la couche de poudre de  $\text{B}_4\text{C}$  jusqu'au moment où les particules sont parfaitement accrochées au substrat et solidarisées entre elles, puis le dépôt d'une nouvelle couche de particules de  $\text{B}_4\text{C}$  suivie par le dépôt de nickel électrolytique pour l'accrochage de ces particules, le nombre de couches successives nécessaires  
35 étant déterminé par la quantité de carbure de bore à déposer par unité de surface du boîtier.

La totalité du boîtier est placée dans la cuve d'électrolyse si bien que les couches de nickel croissent en même temps sur les quatre faces

faces du boîtier.

On a utilisé une poudre constituée par des particules de B<sub>4</sub>C d'une dimension maximum de 200 microns et chacune des couches de carbure de bore déposée par gravité sur les faces du boîtier avait une épaisseur identique à la dimension maximum des particules, c'est à dire 200 microns. De cette façon, on évite des chevauchements indésirables des particules et l'on améliore la régularité d'épaisseur<sup>et</sup>/d'efficacité neutronique du revêtement. Le revêtement est donc constitué par une superposition de monocouches, c'est à dire de couches de poudre constituées par des grains disposés côte à côte avec un minimum de superposition de plusieurs grains, ces monocouches étant liées entre elles par le dépôt de nickel.

On détermine facilement la quantité de poudre nécessaire pour la réalisation d'une monocouche sur une surface déterminée et correspondant à l'aire de chacune des faces du boîtier.

15 Les dépôts de nickel entre les particules de carbure de bore sont obtenus en utilisant un bain d'électrolyse identique à celui utilisé pour le prénickelage et une densité de courant de 2 ampères par cm<sup>2</sup>. Chacune des opérations d'électrolyse successives est poursuivie pendant une demi-heure.

Lorsque la densité de carbure de bore déposé par cm<sup>2</sup> de face du boîtier est supérieure à 0,146 g, on termine l'opération de revêtement par une électrolyse de 2 heures avec une densité de courant de 2 ampères par cm<sup>2</sup> afin de fixer définitivement les particules de revêtement et de réaliser une couche continue de nickel au-dessus des couches de particules de carbure de bore enrobées par le nickel.

25 Le boîtier est alors sorti du bac d'électrolyse rincé puis séché.

Dans tous les cas, on a pu obtenir une densité de carbure de bore, c'est à dire une efficacité du boîtier en ce qui concerne l'absorption des neutrons, suffisante, avec un dépôt d'une épaisseur totale inférieure à 2 mm.

Les différentes couches de particules de B<sub>4</sub>C emprisonnées dans la matrice de nickel déposées les unes au-dessus des autres sont pratiquement continues dans la mesure où l'on effectue une répartition régulière de ces particules pour constituer les couches successives. Cependant, il est possible d'utiliser des particules d'une taille inférieure, par exemple 60 microns en mélange avec les particules de 200 microns. Les particules de taille plus faible viennent s'insérer entre les particules de 200 microns pour réaliser une couche continue de carbure de bore.

La superposition de plusieurs monocouches permet d'éviter la présence de zones de revêtement renfermant une très faible quantité de B<sub>4</sub>C. La répar-

tition des particules est donc extrêmement homogène et d'autre part la proportion de particules de B<sub>4</sub>C par rapport à la matrice de nickel est importante, si on la compare à ce qui était obtenu par les procédés connus antérieurement. Cette proportion est par exemple, dans le cas qui vient  
5 d'être décrit de 50 % en masse. On obtient donc facilement par le procédé suivant l'invention un revêtement comportant la quantité voulue de carbure de bore et donc de bore 10 par cm<sup>2</sup> de substrat, tout en ayant une couche de revêtement d'une épaisseur totale inférieure à 2 mm.

Exemple 3 : On réalise des opérations semblables à celles qui ont été  
10 décrites à propos de l'exemple 2, sur une enveloppe en acier inoxydable de forme parallélépipédique et en utilisant un bain chimique au lieu d'un bain électrolytique. Les opérations réalisées sont identiques, à savoir un prénickelage du substrat, puis un dépôt gravitaire d'une première couche de particules de carbure de bore, puis un nickelage chimique permet-  
15 tant la liaison des particules, suivi d'un nouveau dépôt d'une monocouche de particules de carbure de bore qui sont ensuite liées entre elles par dépôt chimique d'une couche de nickel, ces opérations successives se poursuivant jusqu'au moment où le revêtement comporte une quantité suffisante de carbure de bore par cm<sup>2</sup>.

20 L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation qui viennent d'être décrits, elle en comporte au contraire toutes les variantes.

C'est ainsi qu'on peut réaliser le revêtement absorbant les neutrons sur le boîtier par une méthode différente de celles qui ont été décrites  
ci-dessus, qu'on peut réaliser ce dépôt aussi bien sur le boîtier ayant sa  
25 forme définitive que sur une ébauche qui est ensuite mise en forme et que l'enveloppe métallique peut être constituée par un autre matériau métallique que l'acier inoxydable, par exemple de l'aluminium.

L'épaisseur de l'enveloppe métallique peut être différente de 2 mm, mais  
30 cependant dans le cas des boîtiers pour le stockage des assemblages combustibles sous eau, il est nécessaire que cette épaisseur soit comprise entre 1,5 et 2,5 mm, pour concilier à la fois les impératifs concernant la tenue mécanique du boîtier et les échanges thermiques entre l'assemblage combustible contenu dans le boîtier et l'eau de la piscine.

L'invention s'applique non seulement au stockage des assemblages combustibles pour réacteur nucléaire à eau mais elle s'applique également au  
35 transport de matériaux irradiés en utilisant des boîtiers suivant l'invention comme conteneurs de transport.

REVENDEICATIONS

1.- Boitier pour le stockage sous eau d'assemblages combustibles irradiés à section carrée constitué par une enveloppe parallélépipédique métallique à section carrée de dimensions suffisantes pour recevoir un assemblage combustible, ouverte à l'une au moins de ses deux extrémités et revêtue extérieurement par une matière absorbant les neutrons constituée par des particules de carbure de bore enrobées dans un liant métallique constitué par du nickel, caractérisé par le fait que l'épaisseur de l'enveloppe métallique est comprise entre 1,5 et 2,5 mm et que l'épaisseur du revêtement absorbant les neutrons est au plus égale à 2 mm, la masse de carbure de bore par cm<sup>2</sup> de surface du boitier étant supérieure à 0,146 g sur toute la surface externe de celui-ci, à l'exception des zones voisines des arêtes.

2.- Boitier suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'une couche continue de nickel, recouvre le revêtement absorbant.

3.- Boitier suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que l'épaisseur du revêtement absorbant les neutrons est voisine de 1 mm.

4.- Procédé de réalisation d'un boitier suivant l'une quelconque des revendications 1, 2 et 3, caractérisé par le fait qu'on réalise une enveloppe tubulaire d'une épaisseur comprise entre 1,5 et 2,5 mm, qu'on dispose le long de quatre génératrices disposées dans deux plans axiaux perpendiculaires, des caches sur toute la longueur de l'enveloppe tubulaire,

qu'on réalise un revêtement constitué par du carbure de bore enrobé par du nickel sur la surface externe de l'enveloppe tubulaire, les caches empêchant le dépôt de revêtement dans la zone voisine des génératrices le long desquelles elles sont disposées, par projection à haute température d'une poudre constituée par des grains de carbure de bore B<sub>4</sub>C dont la surface externe est entièrement revêtue d'une couche de nickel qu'on déforme à froid l'enveloppe tubulaire, après revêtement, de façon à lui donner la forme d'un boitier parallélépipédique dont les arêtes correspondent aux génératrices le long desquelles les caches évitant le dépôt de revêtement ont été disposés.

5.- Procédé suivant la revendication 4, caractérisé par le fait que la poudre est projetée sur la surface métallique en utilisant une torche à plasma.

6.- Procédé suivant la revendication 4, caractérisé par le fait que

les grains de carbure de bore comportent une couche d'initiation en palladium de très faible épaisseur qui est elle-même recouverte par la couche de nickel.

5 7.- Procédé suivant la revendication 4, caractérisé par le fait que la couche de nickel sur les grains de carbure de bore a une épaisseur comprise entre 2 et 10 microns.

8.- Procédé suivant la revendication 4, caractérisé par le fait que le carbure de bore représente une proportion de 20 à 50 % en masse par rapport au nickel.

10 9.- Procédé suivant la revendication 4, caractérisé par le fait que la couche de nickel sur les grains de carbure de bore est obtenue par voie chimique.

15 10.- Procédé de réalisation d'un boîtier suivant l'une quelconque des revendications 1, 2 et 3, caractérisé par le fait qu'on réalise une enveloppe métallique parallélépipédique à partir d'une tôle, qu'on réalise sur la surface latérale externe de ce boîtier, un dépôt préalable de nickel, puis un dépôt par gravité sur cette première couche de nickel, la surface à revêtir étant sensiblement horizontale, de particules d'une certaine granulométrie en carbure de bore, de façon à constituer une  
20 couche dont l'épaisseur correspond sensiblement à la taille des particules, puis un dépôt de nickel assurant la liaison des particules avec la première couche de nickel et la liaison des particules entre elles, un dépôt d'une nouvelle couche de particules puis un dépôt de nickel à travers cette nouvelle couche de particules, si la quantité de carbure de bore n'est pas suffisante pour obtenir l'efficacité voulue du revêtement absorbant les neutrons,  
25 puis éventuellement un nouveau dépôt de particules de carbure de bore et un nouveau dépôt de nickel, ces opérations étant renouvelées un nombre de fois suffisant pour obtenir une quantité de carbure de bore supérieure à 0,146g par cm<sup>2</sup> de la surface latérale du boîtier en faisant tourner l'enveloppe  
30 métallique d'un quart de tour après chaque opération de dépôt du carbure de bore suivie de la fixation de ces particules par le nickel.

11.- Procédé suivant la revendication 10, caractérisé par le fait que les revêtements de nickel sont obtenus par voie électrolytique.

35 12.- Procédé suivant la revendication 10, caractérisé par le fait que les revêtements de nickel sont obtenus par voie chimique.